



AUTOR: Alberto Viera Sotillo

DIRECTOR DE LA TESIS: Raúl Payri Marín

TÍTULO: Effect of multiple injection strategies on the Diesel spray formation and combustion using optical diagnostics

RESUMEN:

La inyección de combustible es un proceso complejo, debido a que hay varios mecanismos involucrados en el desarrollo del chorro, y a su comportamiento intrínsecamente estocástico. A lo largo de los años, los investigadores han estudiado a fondo los chorros diésel, ya que es clave comprender los procesos fundamentales, para así reducir la formación de contaminantes, y mejorar la eficiencia de los motores de inyección directa. En los últimos años, la evolución de las tecnologías de inyección ha permitido no solo mejorar el proceso de mezcla, sino también controlar con precisión los parámetros de inyección, agregando flexibilidad a los sistemas para nuevas estrategias y un grado adicional de complejidad para los investigadores. Más aún, las estrategias de inyecciones múltiples han demostrado ser capaces de reducir el consumo de combustible, así como también la emisión de partículas, los óxidos de carbono, los óxidos de nitrógeno, el hollín y los hidrocarburos no quemados, convirtiéndose en un estándar en la industria.

Esta tesis presenta una metodología experimental para estudiar los efectos de dos estrategias diferentes de inyección múltiple (piloto-principal y principal-post) sobre el desarrollo fundamental y la combustión del chorro. Los experimentos se dividieron en cuatro campañas diferentes, realizadas en tres instalaciones distintas.

En las dos primeras campañas, se caracterizó hidráulicamente el inyector midiendo su tasa de inyección y flujo de cantidad de movimiento. Para una masa inyectada objetivo, se obtuvo la distribución de combustible para los diferentes tiempos de separación y las cantidades de piloto/post. Se implementó un nuevo enfoque para evaluar la distribución de combustible utilizando la señal de flujo de cantidad de movimiento. Se pudo observar que las inyecciones de piloto/post que se realizan en un estado totalmente transitorio presentan mayor desviación entre disparos. El aumento de la cantidad inyectada redujo la dispersión, con un ligero descenso al disminuir también la presión del rail. La repetibilidad de las inyecciones post se vio afectada significativamente por el tiempo de separación entre pulsos. Luego, se aplicaron diagnósticos ópticos de alta velocidad para visualizar el desarrollo del chorro en atmósferas tanto inerte como reactiva. Se utilizaron dos nuevas soluciones de procesamiento de imágenes: una para desacoplar dos eventos de inyección que coexisten en un solo cuadro, y otra para estimar ópticamente el tiempo de retraso al autoencendido de múltiples pulsos de inyección. En cuanto al desarrollo del chorro en condiciones inertes evaporativas, no se observó ninguna influencia en la longitud líquida estabilizada y el ángulo del chorro, respecto a la cantidad inyectada por la piloto, ni de su separación al pulso principal. Con respecto a la fase vapor, el aumento de la masa inyectada del primer pulso empujó la zona de transición más allá del límite óptico. En general, el segundo pulso penetró a una mayor velocidad, comparado con el caso de una inyección única. El ángulo de dispersión de la fase de vapor aumentó con la inclusión de la inyección piloto, pero no se observó una tendencia clara con respecto a la cantidad de la piloto ni a su tiempo de separación.

En cuanto al desarrollo del chorro en condiciones reactivas, para todas las medidas que incluyeron inyecciones múltiples, el tiempo de retraso al autoencendido del segundo pulso disminuyó en referencia a su inicio de inyección. En promedio, las estrategias piloto-principal vieron reducciones



del 30% al 40 %, mientras que las principal-post del 40% al 50 %. Se utilizaron diferentes mecanismos de interacción encontrados en la literatura para describir la interacción entre los pulsos de inyección. Con respecto a la longitud de despegue estabilizada, no se observó una tendencia definida con respecto a los efectos tanto del tiempo de separación como de la cantidad de la piloto. La imagen promedio tomada por la cámara intensificada no consideró que la longitud de despegue puede cambiar desde el inicio de la combustión hasta el establecimiento de la llama de difusión. Las mediciones cualitativas de la localización del encendido mostraron que la longitud de levantamiento de la inyección principal debería comenzar más cerca de la tobera, para luego moverse lentamente hacia la zona de equilibrio en la llama de difusión estabilizada. Con respecto a las mediciones de hollín, en general se observó que las estrategias piloto-principal producen más hollín que cada uno de sus casos de referencia. Se observó una ligera disminución en el grosor óptico de la sección transversal cerca del inicio de la combustión al aumentar la masa de la piloto. No se observó una clara dependencia del hollín con respecto al tiempo de separación entre pulsos. En contraste a la literatura, las estrategias principal-post mostraron una formación de hollín ligeramente más alta (o similar) que una sola inyección. En cámaras de combustión con un volumen tan grande, la inyección posterior se comportó como una principal y la principal como una piloto. Por lo tanto, las condiciones locales favorecen a la formación de hollín para el segundo pulso, en lugar de promover su oxidación. Consecuentemente, se observó que las interacciones chorro-pared son críticas para la efectividad de las inyecciones post en la reducción de las emisiones de hollín.